

# Optimering av reducerad bearbetning

- högre skörd till lägre kostnad

*Optimizing reduced tillage*

- *higher yields at lower costs*

Nils Wiklund



Kandidatuppsats i biologi  
Agronomprogrammet – inriktning mark/växt



SLU, Sveriges lantbruksuniversitet  
Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap  
Institutionen för mark och miljö

Nils Wiklund

Optimering av reducerad bearbetning - högre skörd till lägre kostnad  
Optimizing reduced tillage - higher yields at lower costs

Handledare: Tomas Rydberg, institutionen för mark och miljö, SLU  
Examinator: Johan Arvidsson, institutionen för mark och miljö, SLU

EX0689, Självständigt arbete i biologi – kandidatarbete, 15 hp, Grundnivå, G2E  
Agronomprogrammet – inriktning mark/växt 270 hp

Serienamn: Examensarbeten, Institutionen för mark och miljö, SLU  
2013:24

Uppsala 2013

Nyckelord: jordbearbetning, reducerad bearbetning, infiltration, dragkraftsmätning, penetrometer

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Omslag: foto författaren



## **Förord**

Detta arbete är gjort för att examineras i kursen Självständigt arbete i biologi-kandidatarbete som omfattar 15 högskolepoäng. Uppsatsen skrivs i ämnet biologi och är en C-uppsats i utbildningen mark/växtagronom. Arbetet handlar om att med utgångspunkt i projekt R2-4140, som Jordbearbetning- och hydrotekniksavdelningen vid Sveriges lantbruksuniversitet i Uppsala driver, sammanställa, samt tolka resultat från projektet. Stiftelsen lantbruksforskning har välvilligt finansierat projektet. Även ekonomin för optimering av reducerad jordbearbetning vid olika växtföljder utvärderas. Resultaten i projektet kommer att jämföras med en litteraturstudie. Litteraturstudien bygger på att information sammanställs från böcker, tidsskrifter eller avhandlingar på biblioteket eller elektroniskt över internet.

Av den information som hämtas från internet har studenten använt en vetenskaplig sökmotor som Web of Knowledge eller Scopus. För att uppsatser ska få publiceras på dessa motorer ställs höga vetenskapliga krav.

## Sammanfattning

Optimering av jordbearbetning och växtföljd är intressant ur många aspekter, främst för att uppnå maximalt TB2. Eftersom det är det ekonomiska utfallet som styr är det intressant att studera olika kombinationer av jordbearbetning och växtföljder för att uppnå maximalt ekonomiska utfall. Hur grödan fungerar med ett visst bearbetningssystem, avgör om det lönar sig att odla grödan. Bearbetningssystemen påverkar marken och dess processer olika. Reducerad bearbetning har ofta visat sig fungera bäst på strukturstarka styva leror, samt på mjälaleror. De positiva effekter som uppkommer genom reducerad bearbetning kan ta några år att utvecklas, därför studerar man ofta hur olika reducerade bearbetningssystem fungerar över längre tidsperioder.

Hur en bra och en dålig växtföljd påverkades av olika bearbetningsmetoder har studerats i tre stycken fältförsök. Fältförsöken placerades ut enligt randomiserad split-plot design på tre olika platser i Mellansverige, varav ett försök på Klostergården, Vreta Kloster i Östergötland, ett på Säby, Ultuna i Uppland och ett på Brunnby försöksgård i Västmanland. Följande sex bearbetningssystem jämfördes: (Plöjning 23 cm), (Plöjning 12 cm), (Kultivator 10-12 cm), (Djupkultivator 20 cm), (Carrier 5-7 cm) och (Direktsådd). I försöken undersöktes bl.a. dragkraftsbehov, svampangrepp, penetrationsmotstånd samt avkastning. Avslutningsvis gjordes en ekonomisk utvärdering av vilken växtföljd och vilket bearbetningssätt som blev det ekonomiskt optimala på de tre försöksplatserna.

Resultatet från dragkraftsmätningen påvisade inga tydliga skillnader mellan växtföljderna. Det blev dock stor skillnad mellan bearbetningsmetoderna, vilket var förväntat.

De växtpatologiska undersökningarna gav ett varierat resultat, men sammanfattningsvis var plogen generellt sett mest effektiv mot växtföljdsburna svampar. Penetrationsmotståndet gav inga tydliga skillnader mellan växtföljderna. Infiltrationshastigheten var förvånansvärt hög i det direktsådda ledet. Skördarna varierade mycket över åren. Det berodde i vissa fall på den mänskliga faktorn.

Den ekonomiska utvärderingen visade att det var mest ekonomiskt att odla en ensidig växtföljd oavsett bearbetningssätt på Klostergården och Brunnby, framförallt på en 200 ha gård. På Säby blev resultatet det omvända, ett högre TB2 för god växtföljd.

En generell slutsats blev att plöjningsfri odling gav ett högre TB2. TB2 på Klostergården och Säby blev högre för grund kultivering än djup. På Brunnby blev resultatet tvärt om.

## Abstract

Optimization of soil tillage and crop rotation is important in many aspects, but particularly in maximizing profit margins. Since the economic outcome is usually decisive, it can be interesting to study different combinations of soil tillage systems and crop rotations in order to identify the maximum economic outcome. How a crop functions in a particular tillage system determines whether it is profitable to grow that crop. Different tillage systems affect the soil and its processes in different ways. Reduced tillage often works best on weak-structured heavy clays and on silty clays. However, the positive effects arising from reduced tillage can take a few years to develop, so it is necessary to study such systems over longer periods.

This study examined how a crop rotation with only cereals (barley and wheat) and a varied crop rotation (cereals, oil seed rape and peas) were affected by different tillage methods in field trials laid out in a randomized split-plot design at three different sites in Central Sweden: Klostergården in Östergötland, Säby in Uppland and Brunnby research station in Västmanland. The following six tillage systems were compared: Ploughing to 23 cm, ploughing to 12 cm, shallow cultivation to 10-12 cm, deep cultivation to 20 cm, cultivation by Väderstad Carrier to 5-7 cm and direct drilling. The parameters measured included draught requirement for tillage, incidence of fungal disease in the crop, soil penetration resistance and crop yield. Finally, an economic analysis was carried out to identify the optimal crop rotation and tillage method combination at each of the experimental sites.

The draught measurements showed no clear differences between the crop rotations. However, there were major differences between the tillage methods, as expected. The plant pathological investigations produced varying results but overall, ploughing was generally most effective in controlling crop rotation-borne fungi. Penetration resistance did not differ significantly between the two crop rotations. However, infiltration rate was surprisingly high in the direct-drilled treatment. Yield varied greatly between years, due in part to the human factor.

The economic analysis revealed that the most economically favorable option at Klostergården and Brunnby was to employ a monotonous crop rotation, irrespective of tillage method, particularly when the cultivated area was large (>200 ha). The reverse was true at Säby, where a varied crop rotation gave better profitability.





## Innehållsförteckning

<b>Inledning .....</b>	<b>7</b>
<b>Syfte.....</b>	<b>8</b>
<b>Litteraturgenomgång.....</b>	<b>8</b>
Dragkraft .....	8
Växtpatologi.....	9
Penetrationsmotstånd .....	10
Infiltration .....	10
Skördar.....	11
Ekonomi.....	11
<b>Material och metoder .....</b>	<b>12</b>
Projektets upplägg.....	12
Dragkraft .....	16
Växtpatologi.....	16
Penetrometermätningar .....	17
Skörd .....	18
Ekonomisk utvärdering.....	18
<b>Resultat .....</b>	<b>18</b>
Dragkraft .....	18
Växtpatologi.....	19
Penetrometermätningar .....	22
Infiltrationsmätningar .....	23
Skördar.....	25
Ekonomisk utvärdering:.....	28
<b>Diskussion .....</b>	<b>30</b>
Dragkraft .....	30
Växtpatologi.....	31
Penetration .....	31
Infiltration .....	32
Skördar .....	33
Ekonomi.....	34
<b>Slutsatser.....</b>	<b>35</b>
<b>Referenslista .....</b>	<b>37</b>
<b>Bilagor .....</b>	<b>41</b>



## Inledning

Jordbruket utvecklas ständigt. I och med att de flesta jordbruk är vinstdrivande styr ekonomin i grödan en ständig utveckling av att hitta mer optimala lösningar för att få en bättre ekonomi i jordbruket.

Den traditionella plogen är ett mycket effektivt redskap, bl.a. så blandar den ner växtrester till ett djup av drygt 20 cm. Detta gör att marken saneras från skadliga patogener. Dessutom luckrar den jorden och är mycket effektiv mot ogräs. I Mellansverige är växtföljderna oftast mycket ensidiga med stråsäd som dominerande gröda. Nackdelen med konventionell plöjning är att bearbetningsmetoden många gånger är dyr och tidskrävande. Med tanke på stigande energipriser blir drivmedelsutgiften en allt mer betydande faktor.

Begreppet reducerad bearbetning innebär oändligt många kombinationer av sätt att bearbeta på mellan skörd och sådd. Det kan vara att man plöjer grundare, eller bearbetar lätt med någon form av pinn- eller tallrikskultivator. Gemensamt för de reducerade bearbetningssystemen är att de kräver mindre energi för att bearbeta jorden än vad konventionell plöjning gör. Ett minskat dragkraftsbehov leder till ökad avverkning. Det innebär även att arbets- och läglighetskostnaderna sjunker. Nackdelen med reducerad bearbetning är bl.a. att man inte blandar ner lika mycket växtrester på djupet och det leder till ökat tryck av patogener. I slutändan innebär det minskad skörd samt ökad kostnad för kemisk bekämpning. I denna uppsats redovisas resultat från sex olika bearbetningssystem tillämpade i två olika växtföljder.

## Syfte

Syftet med projektet var att jämföra olika bearbetningssystem i en växtföljd innehållande enbart spannmålsgrödor, samt i en annan växtföljd innehållande omväxlingsgrödor. Omväxlingsgrödorna bestod av ärt-och oljeväxter.

Följande frågeställningar fanns i projektet:

- Hur blir TB2 i en växtföljd innehållande avbrottsgrödor respektive i en utan?
- Har förfruktseffekten olika betydelse i olika bearbetningssystem?
- Kan detta projekt leda till ökad oljeväxtodling i Mellansverige?

## Litteraturgenomgång

### Dragkraft

Att minska dragkraftsbehovet blir mer och mer viktigt i dagens jordbruk. Ökad dragkraft leder till att utgiften för energi stiger och därmed minskar lönsamheten. Dragkraften definieras som totala dragkraften per tvärsnittsarea bearbetad jord (Gill & Vanden Berg 1967; Spoor & Godwin 1978).

När man talar om jordens hållfasthet menar man den kraft som krävs för att jorden skall deformeras (Sirjacobs et al. 2002). Man kan säga att ju större andel små aggregat, desto större del av den tillförda energin har kommit till nytta för sönderdelningen (Gill & Vanden Berg 1967; Gill & McCreery 1960). Det finns olika spänningar som påverkar dragkraften. Det är främst normalspänningar som verkar vinkelrätt. Skjuvspänningar verkar tvärt emot normalspänningarna, alltså parallellt mot planet som bearbetas.

Kohesionskrafter är flera olika krafter som verkar mellan jordpartiklar. Krafterna varierar mycket mellan olika vattenhalter och ger olika dragmotstånd. Summan av dessa krafter beskriver (Baver et al. 1972; Yong 1975).

När jorden utsätts för krafter kommer en kraft att byggas upp i den partikel som påverkas. Kraften på partikeln ökar tills ett maximum uppnås. Sedan brister partikeln eller jorden deformeras. Maximumet kallas för jordens skjuvhållfasthet (Spoor 1975).

Jordens plasticitet har även en avgörande betydelse för hur lätt jorden kan bearbetas. Den ökar med ökad lerhalt. En jord som har hög plasticitet kan flytta lerpartiklarna långt från varandra utan att kohesionen förloras. Det innebär med andra ord att jorden kan deformeras mellan fingrarna utan att falla sönder (Kézdi 1974). En pinne som förs genom en jord vilken plastiskt deformeras kommer att packa jorden istället för att luckra den i och med att jorden kommer flyta runt pinnen (Koolen & Kupiers 1983; Spoor & Godwin 1978). Dragkraftsbehovet påverkas av hur hög

vattenhalten är. Ökad vattenhalt ger ett minskat kritiskt djup (Dexter & Arvidsson 2002; Spoor & Godwin, 1978). I denna studie mättes det totala dragkraftsbehovet (kraft per meter arbetsbredd). Av resultaten framgår inte speciellt mycket om bearbetningarna gjorts under det kritiska djupet vid ökad vattenhalt (McKyes 1989). Däremot kommer det specifika dragkraftsbehovet att påverkas kraftigt, detta mättes dock inte i denna studie.

## Växtpatologi

Rotdödersvampen, *Gaeumannomyces graminis* ger missfärgade rötter, vilka blir grå till svartfärgade inuti. Symptom kan vara svåra att upptäcka, men ute i fält förekommer brådmognade plantor, kortstråighet samt onormalt små ax (Olvång 1998). Skörden blir både kvalitets- och kvantitetsmässigt nedsatt till följd av dålig kärnfyllnad (Gutteridge et al. 2003).

Rotdödersvampen angriper främst vete och korn (Nilsson 1969). Svampen som orsakar rotödare överlever främst på gamla växtrester i jorden som mycel. Sedan sprider sig svampen till mottagliga växters rötter. Svampen hindrar näring och vattenupptag (Olvång 1998).

Stråknäckarsvampen, *Pseudocercospora herpotrichoides*, angriper flertalet gräsarter, men speciellt stråsäd. Höstsäd får kraftigast angrepp. Sjukdomens symptom påvisas som vita sterila ax (Hedene & Olofsson 1994). Detta är en typisk växtföljdsburen sjukdom där plöjning ger mycket goda effekter på svampen i nästkommande gröda.

Vetets bladfläcksjuka, *Drechlera tritici-repentis*, angriper främst vete. Korn och andra gräsarter drabbas också. Svampen sprids med utsädet, men överlever som mycel, eller fruktkroppar på skörderester (Gärd L-Baeckström 2008). Även denna svamp undviks genom att plöja ner halmrester och genom att ha en bra växtföljd (Hedene & Olofsson 1994).

Att tänka på vid reducerad bearbetning är att ha en bra växtföljd för att motverka skadegörare som svampar. Växtföljdsburna svampsjukdomar kan bli ett stort problem när man har mycket halm kvar i markytan. Det positiva med att behålla halmen och sköta den biologiska aktiviteten rätt är att man gynnar naturliga fiender som kan hjälpa till att hålla nere skadegörartrycket (Gustafsson 2005). Halmen skall hackas ordentligt om man tillämpar reducerad bearbetning. Detta för att de biologiska organismerna då enklare kan bryta ner halmen. Sveriges regniga höstar bidrar till hög biologisk aktivitet och det resulterar i snabb nedbrytning vid fint sönderdelad halm. Korta halmstrån är även lättare att bruka ner än långa (Lundin 2005).

## Penetrationsmotstånd

Rotutvecklingen är mycket viktig då den har stor påverkan på den förväntade skörden. Uppmätt penetrationsmotstånd med en penetrometer speglar inte helt det motstånd en rot möter på sin väg ner i jorden, då den inte tränger ner som en stor ”påle” i marken. Rötterna har ju förmågan att de kan känna efter var det är minst motstånd beroende på texturens uppbyggnad (Håkansson 2000). Rötterna följer ofta maskgångar och sprickor som finns i marken (Löfkvist 2003). Andra faktorer som påverkar penetrometermätningarnas resultat är skjuvhållfasthet, friktion, kompressionsförmåga och adhesion (Budhu 2000).

Olika grödor har varierande förmåga att tränga ner i profilen och blir således olika känsliga för markens hårdare partier. I en studie från Greacen et al. (1969) konstaterades att tillväxten av veterötter, på en lätt-mellanlera, började avta vid 3,6 MPa. Även Boone et al. (1994) har studerat detta och påstod att ett kritiskt värde var runt 3 MPa för var rötter kunde växa. Redan vid ett tryck av 1,5 MPa var rottillväxten reducerad. Självklart beror dessa siffror helt och hållet på texturen. Greacen et al. (1969) påvisade att penetrometern kunde presentera ett värde på mellan 2-8 gånger högre motstånd än vad rötterna i själva verket upplevde med tanke på rötternas förmåga att söka sig fram i marken mot lägre motstånd.

Är marken mycket hårt packad så att rötterna saknar gångar att söka sig fram i kan de mekaniskt flytta jordpartiklar med rotspetsen (Arvidsson & Pettersson 1995). Rottillväxten kan soppas av mycket tunna packade lager. I vissa fall kan det vara tillräckligt om lagren endast är några millimeter (De Roo 1969).

## Infiltration

Markens struktur och textur är avgörande faktorer för infiltrationshastigheten. Transporten av vatten kan ske på olika sätt, men främst genom preferensflöde. Med det menas att en liten del av jordens totala volym används för transport. Transporten sker främst genom makroporer, mask-och rotgångar (Andreini & Steenhuis 1990).

Vattnets hastighet genom profilen påverkas av olika faktorer, men packningsgraden är en av de mest avgörande faktorerna för infiltrationshastigheten. Alaoui & Helbing (2006) utförde ett jordpackningsförsök där de fann att 74 till 100 % av allt vatten transporterades genom makroporer. Volymen av makroporerna motsvarade 0,23 till 2 % av den totala jordvolymen. Vid packning är det främst makroporer som trycks samman (Alaoui & Helbing, 2006)

Under åren 1969 till 1981 utfördes ettåriga markpackningsförsök på hundratalet olika platser i Sverige. Av dessa studier drogs slutsatsen att packningsgraden påverkas av antalet överfarter, fordonsvikten och markens fuktighet (Håkansson, 1986; Ljungars, 1977).

## Skördar

Rätt bearbetning på rätt jord är nyckeln till höga skördar skriver Arvidsson (2005). De viktigaste anledningarna till att bearbeta jorden är främst för att luckra, mylla skörderester och gödsel, bekämpa ogräs och bereda en god såbädd. Kan dessa fyra punkter hanteras i ett reducerat system finns god potential till höga skördar skriver Arvidsson (2005). Efter studier på fyra olika jordarter har Rydberg (1992) kommit fram till att skördarna blir högre ju högre lerhalten är i marken vid reducerad bearbetning. Det beror antagligen på den inneboende strukturkapacitet som finns i leran, vilket minskar behovet av årlig luckring. Moränjordar reagerar ofta negativt på plöjningsfri odling med skördesänkningar som följd. Att djupbearbeta med kultivator till 20 cm är tveksamt i plöjningsfria system. Det ger någon procents skördeökning men rekommenderas inte med tanke på den ökade insatsen som krävs i form av drivmedel. Speciellt omotiverat är det på styvare strukturstarka leror påstår Arvidsson (2013). En slutsats som kunde dras från studierna var att ärter är en gröda som ej fungerade i kombination med plöjningsfri odling. Detta berodde med största sannolikhet på att ärter är en gröda mycket känslig för syrebrist och således av packning. Vårvete, i försök från 1986 till 2002, avkastade i snitt 3 % bättre vid plöjningsfri odling än vid konventionell bearbetning (Arvidsson 2005).

Under 1970 och 1980-talen startades flera långliggande försök där man jämförde vanlig plöjning med reducerad bearbetning. I försöken ingick också led med plöjning vissa år och övriga år reducerad bearbetning. Dessa led har i genomsnitt plöjts vart fjärde till vart femte år. I många fall förbättrades skörderesultaten jämfört med att tillämpa reducerad bearbetning varje år (Rydberg 2013). Skillnaden i skörd mellan konventionellt plöjda system och de reducerade har i regel varit små (Riley et al. 1994).

Man brukar säga att reducerad bearbetning lämpar sig bäst på strukturstarka jordar som styva leror eftersom lättare jordar är struktursvaga och har högre luckringsbehov. Undantaget är struktursvaga mjälaleror som har visat sig fungera bra i reducerade system (Rydberg 1992; Arvidsson 2013).

## Ekonomi

Reducerad bearbetning tillämpas mer frekvent ju större areal man har att bruka (Widebäck 1995). Tillgänglig arbetstid per hektar, jordart och maskinpark styr bearbetningssätt. Reducerad bearbetning används vid större gårdar i större utsträckning i och med att man spar tid per bearbetat hektar. Även antalet hästkrafter per hektar minskar vid reducerad bearbetning (Widebäck 1995).

De företagsekonomiska konsekvenserna har störst påverkan vid val av bearbetningssystem. Hur miljön påverkas av reducerad bearbetning beaktas också. Dock har de företagsekonomiska effekterna större påverkan vid val av

bearbetningssystem än vad miljön har. Reducerad bearbetning tillämpas i större grad av lantbrukare som har erfarenhet utanför lantbrukssektorn. De har fler infallsvinklar vid problemlösning (Widebäck 1995).

Maskiner med stora arbetsbredder ger lägre arbetsbehov per hektar. Det skiljer fyra timmar per hektar på en gård på 100 ha jämfört med en på 750 ha. På gården med 750 ha läggs i genomsnitt fyra timmar mindre tid per hektar än den på 100 ha. Man sparar mest pengar på att storleksrationalisera (Johansson 2005). Ett annat sett att kostnadsbespara är att tillämpa reducerad bearbetning. Dock blir det bara en tredjedel av vad man sparar i förhållande till arealökning (Johansson 2005).

## **Material och metoder**

### **Projektets upplägg**

Försöksserien R2-4140 bestod av tre försök. Av försöken var ett placerat på Klostergården, Vreta kloster i Östergötland där lerhalten var 40 %, ett på Brunnby försöksgård, Västerås med en lerhalt på 38 % och ett på Säby, Ultuna Uppsala med en lerhalt på 15 %. Alla dessa platser ligger i områden där det odlades utpräglat spannmålsdominerade växtföljder. Möjligheten till ekonomiskt försvarbara avbrottsgrödor är liten. Miljömässiga faktorer kan skilja platserna åt med tanke på lokalisering och lerhalt. Projektet drevs konventionellt; handelsgödsel och kemiskt växtskydd användes efter behov.

Försöken innehöll tre block där varje block bestod av två storrutor om 54 x 20 meter vardera. Mellan varje storruta lades en vändteg på 15 meter. Varje storruta delades därefter in i sex mindre rutor om 9 x 20 meter där respektive bearbetning utfördes. Det totala måttet på försöket blev således 162 x 55 meter. Försöket lades ut enligt randomiserad split-plot design med gröda som storruta.

Hösten 2006 inleddes projektet med de första jordbearbetningsåtgärderna på respektive försöksgård. Dock anlades försöket på Brunnby ett år senare. Försöken innehöll en bra och en ensidig växtföljd i kombination med sex olika bearbetningssystem. Växtföljder och bearbetningssystem redovisas i tabell 1. Led 3,4, och 5 stubbearbetades två ggr. Harvning utfördes efter behov.



Parametrar som mättes i försöken var:

- Planträkning i vårsådda grödor
- Beståndsgradering på våren i höstsäd
- Ogräsräkning på våren
- Gradering av skadegörare, som rotdödare, stråknäckare och bladfläcksvampar
- Skörd; kvalitet och mängd
- Dragkraftsmätningar i Uppsalaförsöket (obs, ej varje år)
- Infiltrationsmätning år 2012 på Säby och Klostergården
- Penetrationsmätning år 2012 på Säby och Klostergården

Resultat från planträkning, beståndsgradering och ogräsräkning redovisas ej i denna uppsats.

*Tabell 1. Växtföljder som tillämpats i försöksserie R2-4140.*

*Observera att Brunnby ligger ett år efter och att där odlades vårvete 2012 vårvete 2012*

År	Bra (A)	Ensidig (B)
2006 <sup>1</sup>	Våroljeväxter	Vårkorn
2007	Höstvete	Höstvete
2008	Ärt	Vårkorn
2009	Höstvete	Höstvete
2010	Våroljeväxter	Korn/havre
2011	Höstvete	Höstvete
2012	Höstvete	Höstvete

<sup>1</sup> År 2006 endast förfrukt

*Tabell 2. Bearbetningar som tillämpades i försöksserie R2-4140*

Led	Bearbetning och djup
1	Plöjning (23 cm)
2	Grund plöjning (12 cm)
3	Kultivator (10-12 cm)
4	Djupkultivator (styv pinne) (20 cm)
5	Carrier (5-7 cm)
6	Direktsådd

Till led 1 och 2 (normalt samt grunt plöjningsdjup) användes oftast en konventionell plog av märket Överum (bild 1).



Bild 1. Plog; Överums bruk 20130701

Till led 3 och 4 (normalt samt grunt bearbetningsdjup) användes oftast en styvpinnekultivator (bild 2).



Bild 2. Cultus; Väderstadverken 20130701



Till led 5 (grund stubbearbetning) användes oftast ett tallriksredskap med packrulle typ carrier (bild 3).



Bild 3. Carrier; Väderstadverken 20130701

Till led 6 (direktsådd) användes genomgående en Rapid såmaskin (bild 4).



Bild 4. Rapid; Väderstadverken 20130701

## Dragkraft

Mätningar för att se om dragkraften, och där med energiåtgången, påverkades av förfrukt startades 2006 i Uppsala. Mätningar gjordes sedan 2008, 2010 och 2011.

I försöket mättes det totala dragkraftbehovet per meter arbetsbredd, som enligt Hunt (1995) beräknas enligt följande:

$$D = F_{\text{tot}} / b, \text{där}$$

$D$  = totalt dragkraftbehov (kN/m)

$F_{\text{tot}}$  = redskapets dragkraftbehov (kN)

$b$  = arbetsbredd (m)

Själva mätningen fungerade genom att mängden diesel motorn konsumerade mättes. Traktorn var utrustad med enkelrörsystem för att undvika problem med cirkulerande diesel. Systemet installerades av JTI, (Pettersson et al. 2002). Annan utrustning som också installerats på traktorn var datalogger, telefonmodem och extrautrustning för att få exaktare värde på motorvarvtal, lufttemperatur, hjulhastighet och radarhastighet.

För testerna användes en Massey Ferguson 6290 på 103 kW vid 2200 rpm. Vridmomentet för denna traktor var 547 Nm.

Under själva testen hölls konstant motorvarvtal på 2050 rpm, men dock varierade växeln för framdrivning beroende på vilken hastighet som lämpade sig till respektive redskap.

## Växtpatologi

Provtagning för sjukdomsgradering gjordes vid utvecklingsstadiet sen mjölkmodnad, varvid 10 slumpmässigt utvalda plantor grävdes upp rutvis. Plantorna transporterades till laboratorium och förvarades svalt i kylrum (+8°). Angrepp av stråknäckarsvampen (*Pseudocercospora herpotrichioides*) graderades på huvudskottet enligt protokoll som används av Växtskyddscentralerna (Gustafsson muntligen). Bladfläcksvampar bedömdes på de tre översta bladen enligt Olofsson och Qvarnström (1983). Samtliga bedömda blad för utvalda led (A2, A5, B1 och B5) skickades för DNA-analys till Scanbi Diagnostics AB, Alnarp. Innan gradering av rotdödare (*Gaumannomyces graminis*) tvättades rötterna i rinnande vatten, som sedan bedömdes i vattenbad med förstöringslampa enligt indexmetod (Wallenhammar och Pettersson, 2003).

Variationsanalys (ANOVA) följd av Tukeys HSD-test utfördes för att identifiera skillnader mellan samtliga led, jordbearbetningar, växtföljder och försöksplatser. För att minska variansen logaritmerades alla indexvärden innan analyserna utfördes, förutom bladfläcksavläsningen i Uppsala där det inte behövdes.



## Penetrometermätningar

Hösten 2012 genomfördes penetrationsmätningar på Säby, Ultuna, samt Klostergården Vreta Kloster. Penetrationsmätningar gjordes i både växtföljd A och B. Mätningarna utfördes med en pinne av stål som är utrustad med en lastcell, djupmätare och automatisk logger. Med denna registreras motståndet i marken vid olika djup. Mätvärdet registrerades varje centimeter ner till 50 cm djup.

## Infiltrationsmätningar

Som avslutning på projektet gjordes infiltrationsmätningar i slutet av aug 2012. Mätningarna gjordes på Klostergården och Säby. Det hade regnat innan så att marken antogs vara vattenmättad. Gropar grävdes till ett djup av 10, 23 och 40 cm på Säby. På Klostergården grävdes groparna till ett djup av 10, 23 och 50 cm. På dessa djup slogs cylindrar ner 5 cm i marken som hade en diameter av 15 cm, och en höjd av 15 cm. När detta var färdigt fylldes cylindrarna med vatten och efter 10 minuter mätte man hur mycket vattnet hade sjunkit i dem. Detta upprepades två gånger i varje ruta. Konduktiviteten (cm/h) för nivån 0-50 cm beräknades sedan genom ett harmoniskt medelvärde.



Bild 5. Infiltrationsmätning 20130627

## Skörd

Varje enskild skörderuta hade ett mått på ungefär 2,40 x 13 meter och tröskades med en konventionell parcelltröska. Kärnskoriden vägdes och analyserades på prov från varje led med avseende på renvikt, rymdvikt samt proteinhalt.

## Ekonomisk utvärdering

För att se vilken växtföljd och vilken bearbetning som var mest optimal för regionen gjordes en ekonomisk beräkning i ett kalkylark som framtagits av Jordbearbetningsavdelningen (Arvidsson 2013-03-27). I kalkylarket tas hänsyn till faktorer som dragkraft på olika jordarter, bearbetningsdjup, antalet bearbetningar, traktorval, kärnskörd, bekämpning och gödsling. Underlag för kalkylerna var hämtade från maskinkalkylgruppens (Maskinkostnader 2012), (Gullviks 2012), samt (Skåneförsökens försöksrapport 2012). Priset på de olika avsalugrödorna sattes till 2,00 kr för vete, 1,50 kr för korn, 4,00 kr för våroljeväxter samt 2,20 kr för ärt. EU-stöd lades även in för att få relevant TB2 för de olika regionerna. Kalkylarket användes för att andra lantbrukare och rådgivare skall kunna jämföra egna resultat med de från försöken erhållna resultaten.

En sammanställning av TB2 har gjorts för alla tre försöken utifrån tillvägagångssätt på respektive försöksgård, från bearbetning fram till skörd för respektive växtföljd och bearbetningsmetod. Beräkningarna gjordes på en gård med 200 ha. Växtföljden delades upp så att varje år motsvarade ett fält. Med andra ord motsvarade varje gröda 33,3 ha eftersom växtföljden delades upp på sex år. Samma upplägg gjordes med en gård på 500 ha. Varje gröda motsvarade då 83,3 ha.

Tabeller med maskinkostnader presenteras också för att se hur kostnaderna skiljer sig åt mellan växtföljder och bearbetningssätt. För att få så relevanta siffror adderas extra timmar för de olika traktorerna som använts. Detta för att på ett mer sanningsenligt sätt kunna tolka kostnadstabellerna. De led som innehåller samma gröda bekämpas på samma sätt. Samma system gäller även för gödsling. De olika försöksplatserna bearbetas, bekämpas och gödslas på olika sätt. Detta för att få optimala förutsättningar på varje enskild försöksplats.

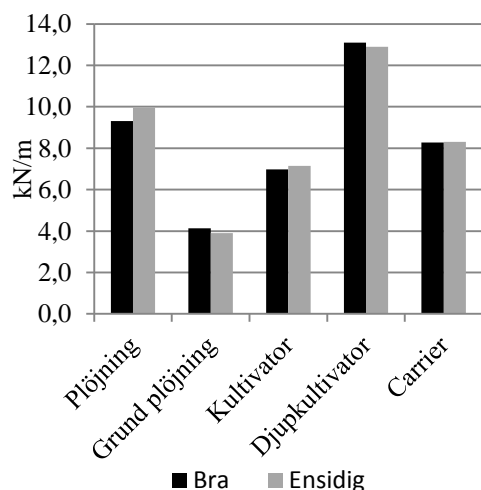
## Resultat

### Dragkraft

I resultaten från dragkraftsmätningarna kunde inte påvisas att förfrukten hade påverkan på energiåtgången vid primärbearbetning. För att få god genomarbetning av jorden och blanda ner så mycket växtrester som möjligt primärbearbetades led 3,4 och 5 två gånger. De presenteras även i figuren som dubbla bearbetningar. Plöjning och bearbetning med carrier krävde således ungefär samma dragkraft, 9 kN per arbetsmeter. Den bearbetningsmetod som gick tyngst var en styvpinnekultivator med

bearbetning ner till 20 cm, den krävde nästan 13 kN per arbetsmeter. Bearbetningsledet med grund plöjning, led 2, gick lättast. Endast 4 kN per arbetsmeter krävdes i ledet med grund plöjning, se figur 1.

För såbäddsberedning med såbäddsharv krävdes i genomsnitt 2 kN per arbetsmeter och överfart.



*Figur 1. Dragkraftsbehov (kN m<sup>-1</sup>) vid primärbearbetning hösten 2006, 2008, 2010 samt 2011 i försök R2-4140, Säby. Led 3,4 och 5 har bearbetats två gånger.*

## Växtpatologi

Här redovisas endast resultat från år 2012. För övriga års resultat hänvisas till jordbearbetningens årsrapporter ([www.slu.se/jbhy](http://www.slu.se/jbhy)).

Resultaten visar att stråknäckarindex på Brunnby och Klostergården var något lägre i den djupa plöjda behandlingen jämfört med övriga led medan det var lägst i kultivatorledet på Säby. Skillnaderna var dock inte signifikanta (tabell 3). På Brunnby (vårmete) var stråknäckarindex signifikant högre i den ensidiga växtföljden (B) än i den goda växtföljden (A). På övriga platser fanns inga skillnader mellan växtföljderna. Ingen skillnad mellan försöksplatserna påträffades för stråknäckarindex (tabell 4).

På Brunnby och Säby fanns tendenser att rotdödarindex var relativt högt i ledet med direktsådd vilket var tvärtemot resultaten på Klostergården. Skillnaderna var inte signifikant skilda. På Brunnby fanns starka tendenser att den goda växtföljden hade lägre rotdödarindex jämfört med den ensidiga växtföljden ( $p = 0,062$ ). På Klostergården hade den ensidiga växtföljden något lägre rotdödarindex jämfört med den goda ( $p = 0,073$ ). Inga stora skillnader mellan växtföljderna fanns för rotdödarindex på Säby.

På Klostergården var rotdödarindex signifikant högre än på övriga två försöksplatser (tabell 4).

För bladfläckar fanns inga stora skillnader mellan vare sig jordbearbetningar eller växtföljder på någon av försöksplatserna (tabell 1). Angreppen av bladfläckar var signifikant högst i Uppsalaförsöket och signifikant lägst på Brunnby (tabell 4). DNA- analyser genomfördes på bladfläcksjukdomarna. Man fastställde att (DTR - *Drechslera tritici-repentis*, brunfläcksjuka *Septoria nodorum* och svartpricksjuka *S. tritici*) fanns i de olika växtföljderna. Högst var angreppet på Säby i den goda växtföljden i carrierledet. Analyserna (årets och tidigare års) visar att olika svampar dominerar på de olika försöksplatserna, och att fördelningen av svampangrepp varierar mellan åren (se tidigare årsrapporter från jordbearbetningen).



Tabell 3. Stråknäckarindex, rotdödareindex och bladyta angripen av bladfläcksvampar i höstveten och vårveten vid olika bearbetningar vid två olika växtföljder, Klostergården, Säby och Brunnby 2012

Försöksled	Klostergården (höstveten)			Säby (vårveten)			Brunnby (höstveten)		
	Strå- knäck index	Rot- dödar index	Blad- fläck % yta	Strå- knäck index	Rot- dödar index	Blad- fläck % yta	Strå- knäck index	Rot- dödar index	Blad- fläck % yta
Behandling, n=6									
1. Plöjning (23 cm)	11,0	7,7	3,6	13,2	27,7	8,6	15,4 <sup>ab</sup>	6,9	43,5
2. Grund plöjning (12 cm)	13,6	7,7	2,6	16,3	29,8	9,0	15,8 <sup>ab</sup>	6,4	39,2
3. Kultivator 10-12 cm	16,0	6,9	3,6	14,3	30,4	8,0	10,7 <sup>b</sup>	6,7	39,2
4. Djupkult (20 cm)	14,9	7,4	4,1	15,7	25,6	7,9	19,9 <sup>a</sup>	7,1	43,7
5. Carrier (5-7 cm)	16,7	10,6	3,6	15,4	27,1	8,1	13,2 <sup>ab</sup>	10,6	44,3
6. Direktsådd	13,8	10,2	4,1	16,9	20,2	8,8	13,6 <sup>ab</sup>	10,6	44,3
<i>p-värde behandling</i>	<i>es</i>	<i>es</i>	<i>es</i>	<i>es</i>	<i>es</i>	<i>es</i>	*	<i>es</i>	<i>es</i>
Växtföljd, n=18									
A. God växtföljd	10,4 <sup>b</sup>	6,4	4,1	14,9	29,4	8,7	14,2	6,2	42,4
B. Ensidig växtföljd	18,8 <sup>a</sup>	10,6	3,1	15,7	24,1	8,1	15,1	8,4	41,9
<i>p-värde växtföljd</i>	*	<i>es</i> <sup>(0,062)</sup>	<i>es</i>	<i>es</i>	<i>es</i> <sup>(0,073)</sup>	<i>es</i>	<i>es</i>	<i>es</i>	<i>es</i>
behandling x växtföljd, n=3									
God växtföljd									
A1 Plöjning (23 cm)	6,0	6,3	3,9	14,8	30,3 <sup>ab</sup>	9,0	14,9	5,0	47,5
A2 Plöjning (12 cm)	11,6	6,3	3,5	16,4	33,5 <sup>ab</sup>	10,1	15,8	4,3	39,4
A3 Kultivator 10-12 cm	13,2	5,3	3,5	14,8	32,3 <sup>ab</sup>	7,9	9,1	8,6	40,5
A4 Djupkultivator (20 cm)	13,2	5,9	4,6	14,9	20,9 <sup>ab</sup>	8,4	20,0	4,9	42,4
A5 Carrier (5-7 cm)	12,4	7,3	3,9	12,2	35,9 <sup>a</sup>	7,4	10,3	5,1	42,3
A6 Direktsådd	7,1	7,2	5,2	16,4	25,2 <sup>ab</sup>	9,5	16,6	10,3	43,0
Ensidig växtföljd									
B1 Plöjning (23 cm)	17,4	9,3	3,2	11,8	25,2 <sup>ab</sup>	8,2	15,8	9,1	39,7
B2 Plöjning (12 cm)	15,7	9,3	1,8	16,2	26,3 <sup>ab</sup>	7,9	15,8	4,3	39,4
B3 Kultivator 10-12 cm	18,9	8,8	3,7	13,9	28,5 <sup>ab</sup>	8,1	12,4	8,6	39,0
B4 Djupkultivator (20 cm)	16,6	9,0	3,7	16,5	30,7 <sup>ab</sup>	7,4	19,9	4,9	37,8
B5 Carrier (5-7 cm)	21,6	14,4	3,3	19,0	19,6 <sup>b</sup>	8,8	16,6	5,1	45,1
B6 Direktsådd	22,8	13,7	3,0	17,5	25,2 <sup>ab</sup>	8,2	10,8	10,3	44,8
<i>p-värde</i>									
<i>behandling x växtföljd</i>	<i>es</i>	<i>es</i>	<i>es</i>	<i>es</i>	*	<i>es</i>	<i>es</i>	<i>es</i>	<i>es</i>
CV	26,1	19,0	24,8	15,1	12,0	19,0	13,7	28,9	7,8

<sup>†</sup>Olika bokstäver indikerar statistiskt signifikanta skillnader inom en kolumn.

*Tabell 4. Angreppsgrad (% yta) av bladfläckar och index av rotdödare och stråknäckare i höstvete, medelvärde av samtliga försöksled på de olika försöksplatserna, n=36*

Försöksplats	Stråknäckar index	Rotdödar index	Bladfläck (% yta)
Säby	14,6	7,2 b	42,2 a
Brunnby	14,3	8,4 b	3,6 c
Klostergården	15,3	26,7 a	8,4 b

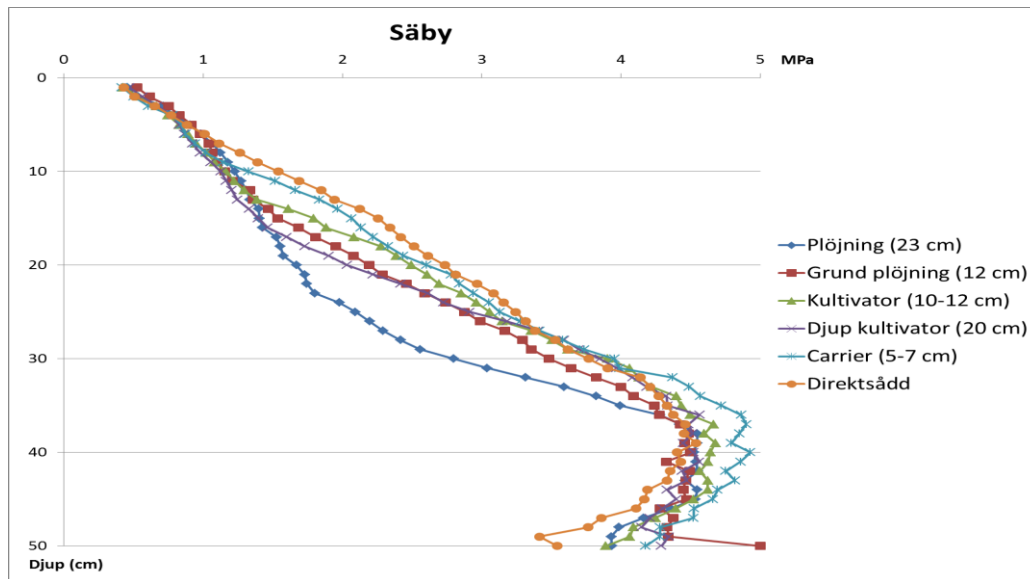
<sup>1</sup>Olika bokstäver indikerar statistiskt signifikanta skillnader inom en kolumn.

### Penetrometermätningar

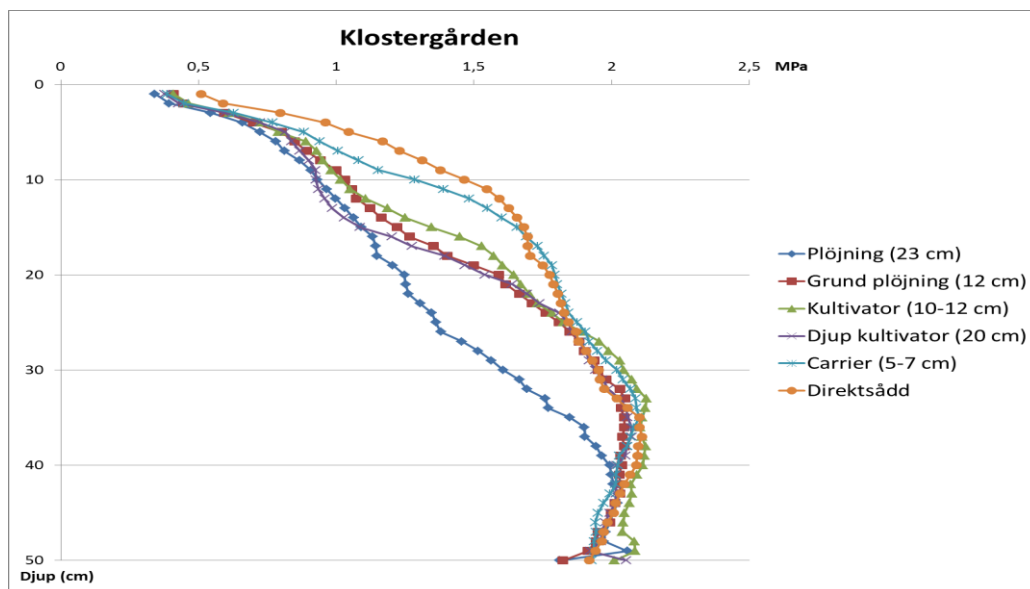
Resultaten från penetrometermätningarna hösten 2012 redovisas i figur 2 och 3. Man ser tydligt att det plöjda ledet på Säby ligger under de övriga på nivån 20-35 cm. Man kan även konstatera att i skiktet 5-30 cm var penetrationsmotståndet högre för de minst bearbetade leden.

På Klostergården var penetrationsmotståndet inte alls lika stort som på Säby. Samma tendens vad gäller konventionell plöjning påträffades även här; den bearbetade zonen hade lägre penetrationsmotstånd än övriga led. På Klostergården låg samtliga värden under 2 MPa.

Är penetrationsmotståndet stort kan rottillväxten hämmas. I figur 2 presenteras värden upp mot 5 MPa på ett djup av 40 cm vilket kan ha haft mycket negativ effekt på rottillväxten.



Figur 2. Penetrationsmotstånd i försök R2-4140, Säby augusti 2012.



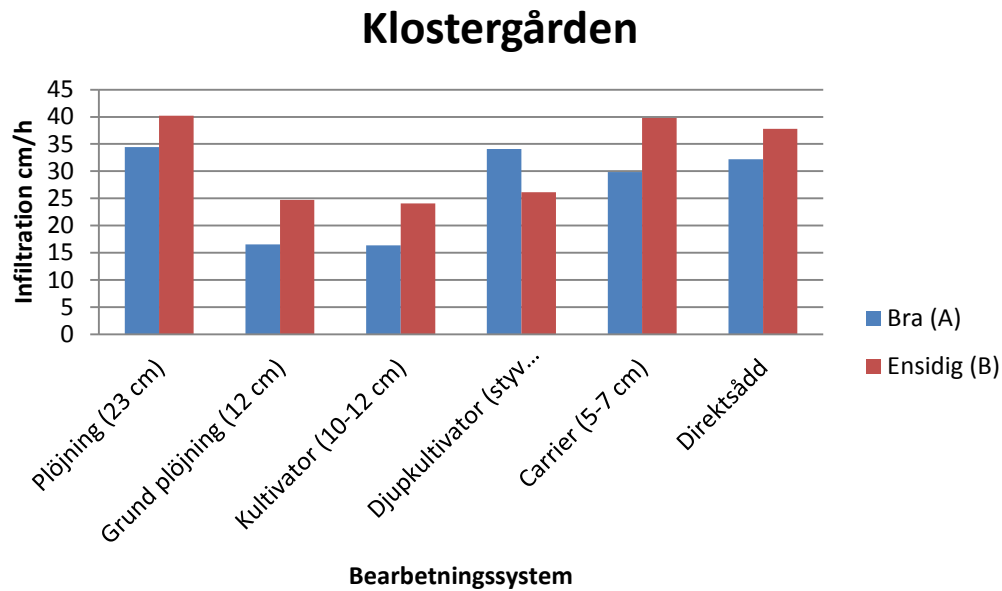
Figur 3. Penetrationsmotstånd i försök R2-4140, Klostergården augusti 2012.

## Infiltrationsmätningar

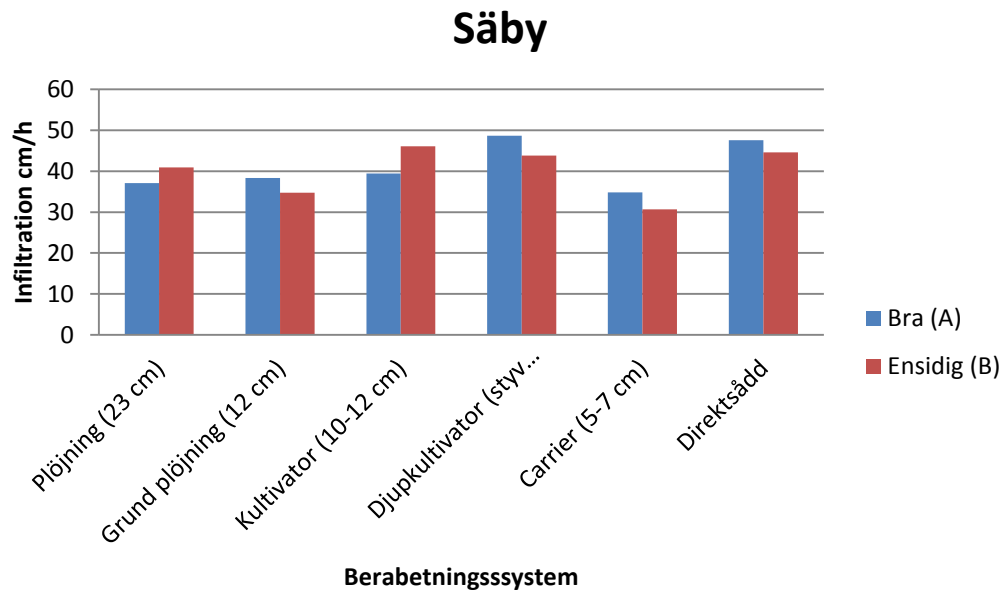
En generell slutsats av infiltrationsmätningarna var att infiltrationshastigheten var högre på Säby än vad den var på Klostergården.

På Klostergården uppmättes de lägsta värdena i den bra växtföljden i leden grund plöjning och grund kultivering. Infiltrationshastigheten var ca 16.5 cm/h i båda leden (figur 4). Infiltrationshastigheten var i genomsnitt högre i den ensidiga växtföljden jämfört med den bra. Högst infiltrationshastighet registrerades i ledet med konventionell plöjning och i carrierledet. Infiltrationshastigheten i dessa led var ungefär 40 cm/h.

På Säby var det svårare att finna skillnader mellan vare sig växtföljderna eller bearbetningarna. Alla leden hade en hög infiltrationshastighet. Högst värden noterades dock i det direktsådda ledet och i det djupkultiverade ledet (figur 5).



Figur 4. Infiltrationshastighet på Klostergården hösten 2012.



Figur 5. Infiltrationshastighet på Säby, hösten 2012.

## Skördar

I tabellerna 5, 6, och 7 presenteras skördarna från varje år och på de olika försöksplatserna. Vissa år har man misslyckats med grödan. På Klostergården 2010 var det ärter i den bra (A) växtföljden (tabell 6). Skörden blev endast ca 500 kg/ha. Vilket får stor effekt på det ekonomiska utfallet i hela växtföljden. Samma resonemang kan man använda sig av för försöket på Brunnby (tabell 7). Där misslyckades man med båda avbrottsgrödorna i den bra (A) växtföljden. På Säby har man lyckats i stort sett med samtliga grödor (tabell 6).

Det direktsådda ledet i A-växtföljden på Klostergården skördades inte 2008 pga. utvintring (tabell 6).

En utförligare redovisning av samtliga skörderesultat, inklusive statistiska beräkningar, redovisas i bilaga 1, tabell 14-19.

*Tabell 5. Skördarna sammanställda under alla år för Klostergården*

R2-4140	Klostergården											
Skördar	2007		2008		2009		2010		2011		2012	
	Bra (A)	Ensidig (B)	Bra (A)	Ensidig (B)	Bra (A)	Ensidig (B)	Bra (A)	Ensidig(B)	Bra (A)	Ensidig(B)	Bra (A)	Ensidig(B)
Plöjning (23 cm)	6450	5280	2390	5910	7740	6490	620	6610	6490	4420	7800	8630
Grund plöjning (12 cm)	6190	5350	3200	6200	7740	6980	500	6500	6490	4920	7740	8520
Kultivator (10-12 cm)	5820	5210	2550	6140	7620	7300	440	6430	6140	4790	7770	8720
Djupkultivatir (styv pinne)(20cm)	5990	5020	2750	6220	7990	5840	330	6540	5830	4780	7770	8490
Carrier (5-7 cm)	5590	5190	2130	6410	6870	7710	460	6450	5220	4890	8310	8550
Direktsådd	5760	5660	-	4710	6140	7130	140	5380	5780	5150	7310	6240

*Tabell 6. Skördarna sammanställda under alla år för Säby*

R2-4140	Säby											
Skördar	2007		2008		2009		2010		2011		2012	
	Bra (A)	Ensidig (B)	Bra (A)	Ensidig (B)	Bra (A)	Ensidig (B)	Bra (A)	Ensidig(B)	Bra (A)	Ensidig(B)	Bra (A)	Ensidig(B)
Plöjning (23 cm)	8210	7640	6820	4080	7030	6560	1880	4960	4930	4520	6250	6160
Grund plöjning (12 cm)	8190	7570	6620	4340	6800	6360	2210	5220	4020	3840	6580	6060
Kultivator (10-12 cm)	8280	7400	6870	4570	7220	6580	2080	5520	4310	4140	6740	6760
Djupkultivatir (styv pinne)(20cm)	8220	7740	6930	4480	6810	6590	1810	5500	4110	3850	6850	6490
Carrier (5-7 cm)	8290	7700	6480	4560	7080	6370	1880	5720	3670	3640	6870	6680
Direktsådd	8350	7940	3180	2480	6300	4660	2010	5560	5530	3610	6310	6160

*Tabell 7. Skördarna sammanställda under alla år för Brunnby*

R2-4140	Brunnby									
Skördar	2008		2009		2010		2011		2012	
	Bra (A)	Ensidig (B)	Bra (A)	Ensidig (B)	Bra (A)	Ensidig (B)	Bra (A)	Ensidig(B)	Bra (A)	Ensidig(B)
Plöjning (23 cm)	6740	6150	460	1890	4930	4440	590	4170	4160	3550
Grund plöjning (12 cm)	7120	6230	350	1450	5020	4460	730	4080	4480	3160
Kultivator (10-12 cm)	6450	5940	260	1060	4740	3820	730	5330	2850	2710
Djupkultivatir (styv pinne)(20cm)	6570	6060	280	1080	4880	4200	760	4460	3900	3250
Carrier (5-7 cm)	6290	5860	300	1150	4620	4260	620	4720	2790	2180
Direktsådd	6470	5240	240	950	2570	2240	860	4140	1740	1130

Medelskörd för alla platser och försöksår då höstveten odlats redovisas i tabell 8. Tabellen visar även höstveteskörd efter vilken förfrukt som har odlats i den bra växtföljden. Fem skördeår med oljeväxter som förfrukt och tre skördeår med ärt som förfrukt. I den ensidiga växtföljden har korn varit avbrottsgröda till höstveten. Oavsett förfrukt, avkastar den bra växtföljden ca 10 procent mer än den ensidiga växtföljden.

Resultaten visar att också i en bra växtföljd tappar direktsådd eller bearbetning med Carrier upp till 10 procent i skörd. Grund och djup kultivering samt grund plöjning har tappat 1 – 4 procent jämfört med plöjning till 23 cm.

Är förfrukten ärter tappar direktsådden uppemot 15 procent mot plogen och kultivatoren, oavsett bearbetningsdjup. Carrierbearbetningen har här tappat cirka 5 procent. Orsaken till att direktsådd efter ärt resulterar i låga skördar bör utredas vidare.

För den ensidiga växtföljden är det enbart direktsådd som resulterat i lägre skördar, cirka 10 procent, jämfört med övriga led där avkastningen är relativt lika.

Tabell 8. Medelskörd för höstvet (kg/ha-1) samt relativtal (0-100) i försöksserie R2-4140, alla platser, och år då höstvet odlats. Fördelat på förfrukt samt medeltal

Försöksled:		Skörd			
	Bra växtföljd, förfrukt	Oljevaxter	Ärt	Medel	Plöjning=100
A1	Plöjning (23 cm)	<b>6163=100</b>	<b>6567=100</b>	<b>6430=100</b>	<b>6430=100</b>
A2	Grund plöjning (12 cm)	99	99	99	99
A3	Kultivator 10-12 cm	92	99	96	96
A4	Djupkult. (styv pinne, 20 cm)	94	100	97	97
A5	Carrier (5-7 cm)	86	94	93	93
A6	Direktsådd	91	76	88	88

	Ensidig växtföljd, förfrukt	Korn	Korn		
B1	Plöjning (23 cm)	85	89	90	<b>100</b>
B2	Grund plöjning (12 cm)	84	90	90	99
B3	Kultivator 10-12 cm	82	90	90	99
B4	Djupkult. (styv pinne, 20 cm)	83	84	88	98
B5	Carrier (5-7 cm)	80	93	89	99
B6	Direktsådd	78	71	78	86
A	Bra	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	
B	Ensidig	88	91	91	

Bearbetningssätt oberoende av växtföljd				
1	Plöjning	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
2	Grund plöjning	99	100	99
3	Kultivator	93	100	98
4	Djupkultivator	95	98	98
5	Carrier	89	99	96
6	Direktsådd	91	78	87

### Ekonomisk utvärdering:

Resultaten av de ekonomiska beräkningarna presenteras i tabell 9 och 10. Det syns tydligt att ett misslyckande med en gröda ett år påverkar TB2 för hela växtföljdsomloppet markant. Det gäller främst den bra växtföljden på Klostergården och på Brunnby. På Brunnby var TB2 dåligt i alla led förutom i ledet med grundplöjning vid ensidig växtföljd. TB2 blev där 1867 kronor för en gård på 200 ha. Den enda försöksplatsen där den bra växtföljden gav ett högre netto oavsett bearbetningssätt var på Säby, där det blev ett plus på 1400 kronor till den bra växtföljdens fördel.



Skillnaden i hur stora gårdar man brukar har ganska stor betydelse i hur högt TB2 blir. På Klostergården skapar den ökade arealen, 500 ha (tabell 10) ett TB2 på ungefär 800 kronor mer än på gården med 200 ha (tabell 9). Samma trend kan man se på de andra försöksplatserna. Ökad areal ger färre arbetstimmar per hektar och sänker således kostnaden per hektar.

Maskinkostnaderna korrelerar inte riktigt med TB2 (tabell 11,12). Det finns kostnadsskillnader mellan bearbetningar, gödsling och sprutning mellan växtföljderna. Skillnaden mellan bra och ensidig växtföljd skiljer sig tack vare avbrottagröderna som bekämpats annorlunda och till detta kommer även olika gödsling. Skillnader mellan försöksplatserna berodde främst på olika gödsling- och bekämpningsstrategier. Även skillnader i klimat kan ha påverkat resultaten.

*Tabell 9. TB2 för respektive försöksplats vid olika växtföljder och bearbetningar. Räknet på en 200 ha gård*

200 ha	Klostergården		Säby		Brunnby	
	TB2/ha (kr)		TB2/ha (kr)		TB2/ha (kr)	
	Bra (A)	Ensidig (B)	Bra (A)	Ensidig (B)	Bra (A)	Ensidig (B)
Plöjning (23 cm)	4711	5387	6146	4577	181	1131
Grund plöjning (12 cm)	4920	5869	6194	4895	665	1867
Kultivator (10-12 cm)	4928	6400	6844	5177	360	1075
Djupkultivator (styvpinne)(20cm)	4826	5669	6230	4931	879	1596
Carrier (5-7 cm)	4140	6645	6415	5222	100	1155
Direktsådd	3493	6116	6099	4647	-166	243

*Tabell 10. TB2 för respektive försöksplats vid olika växtföljder och bearbetningar. Räknet på en 500 ha gård*

500 ha	Klostergården		Säby		Brunnby	
	TB2/ha (kr)		TB2/ha (kr)		TB2/ha (kr)	
	Bra (A)	Ensidig (B)	Bra (A)	Ensidig (B)	Bra (A)	Ensidig (B)
Plöjning (23 cm)	5654	6335	7334	5408	1107	2058
Grund plöjning (12 cm)	5864	6808	7009	5317	1592	1950
Kultivator (10-12 cm)	5724	7176	7558	5960	1131	2646
Djupkultivator (styv pinne) (20 cm)	5560	6409	6974	5692	1613	3122
Carrier (5-7 cm)	4890	7463	7173	5983	907	2732
Direktsådd	4091	6710	6696	5244	429	1677

*Tabell 11. Maskinkostnader för respektive försöksplats vid olika växtföljder och bearbetningar. Räknat på en 200 ha gård*

200 ha	Klostergården kostnad/ha (kr)		Säby kostnad/ha (kr)		Brunnby kostnad/ha (kr)	
	Bra (A)	Ensidig (B)	Bra (A)	Ensidig (B)	Bra (A)	Ensidig (B)
Plöjning (23 cm)	8693	8636	8215	7775	8102	8163
Grund plöjning (12 cm)	8593	8516	8037	7239	7997	7952
Kultivator (10-12 cm)	8037	8036	7712	7364	7230	7330
Djupkultivator (styvpinne)(20cm)	8215	8140	7980	7587	7267	7270
Carrier (5-7 cm)	7794	7969	7651	7278	7284	7326
Direktsådd	7113	7086	7036	6619	6548	6528

*Tabell 12. Maskinkostnader för respektive försöksplats vid olika växtföljder och bearbetningar. Räknat på en 500 ha gård*

500 ha	Klostergården kostnad/ha (kr)		Säby kostnad/ha (kr)		Brunnby kostnad/ha (kr)	
	Bra (A)	Ensidig (B)	Bra (A)	Ensidig (B)	Bra (A)	Ensidig (B)
Plöjning (23 cm)	7750	7688	7027	6946	7174	7215
Grund plöjning (12 cm)	7650	7577	7221	6817	7071	7050
Kultivator (10-12 cm)	7241	7260	6998	6581	6459	6579
Djupkultivator (styv pinne) (20 cm)	7482	7445	7237	6827	6534	6564
Carrier (5-7 cm)	7044	7152	6893	6517	6478	6571
Direktsådd	6515	6493	6440	6022	5953	5923

## Diskussion

### Dragkraft

Dragkraftsmätningarna från Säby visade att de plöjda leden, led 1 och 2 krävde mest dragkraft oavsett växtföljd (figur 1) sett till varje enskild bearbetning. De kultiverade leden, led 3 och 4, samt carrierledet, led 5, hade ett lägre dragkraftsbehov. Detta om man studerar varje enskild bearbetning. Detta ligger helt i fas med vad Madsen (1998) kom fram till. Grund plöjning är det ledet som i särklass ger lägst dragkraftsbehov, men det ger inte samma sanerande resultat som vid konventionell djup plöjning. Plogen har lågt dragkraftsbehov om man ser till den mängd jord som bearbetas tack vare att den har liten angreppsvinkel. Det blir extra tydligt om man bearbetar grunt. På Säby blir det mer motiverat att använda plogen som bearbetningsredskap i och med att lerhalten endast är 15 %. Vilket innebär att gapet mellan kultivering och plöjning i dragkraftsbehov minskar och man kan lättare motivera en bearbetningsmetod som plöjning (Rydberg 1992). Antagligen hade resultatet av dragkraftsmätningarna sett annorlunda ut om man gjort mätningar på Klostergården, eller på Brunnby. På Klostergården är lerhalten 40 %, och på Brunnby 38 %.

Oftast krävdes en överfart med harven i de plöjda leden och det krävde en dragkraft motsvarande 2 kN per meter. När man jämför konventionell plöjning med en harvning

och djupkultivering 2 gånger utan harvning ger de olika bearbetningssätten nästan samma dragkraftsbehov; ungefär 12 kN. Jämför man grund plöjning med en harvning och kultivering till 10-12 cm utan harvning får man även vid denna jämförelse nästan samma dragkraftsbehov; ungefär 6 kN.

Bearbetning med kultivator(10-12 cm) och carrier resulterade i ungefär samma dragkraftsbehov. Båda primärbearbetades två gånger och hade ett dragkraftsbehov på ca 8 kN. Även Magnusson (2004) kom fram till likvärdiga resultat.

Inga direkta skillnader kunde konstateras i dragkraftsbehov mellan de olika växtföljderna. Den ensidiga växtföljden hade dock något högre dragkraftsbehov i det plöjda ledet. Någon logisk förklaring till varför det blev skillnad i just bara detta ledet är svår att finna.

## Växtpatologi

I de plöjda leden på Klostergården och Säby var angreppen av stråknäckare i särklass lägst (tabell 3). All halm bearbetas effektivt ner i de plöjda leden och mikroberna bryter ner svampproblemen. Man kunde dock inte se samma tydliga effekt av plöjningen på rotdödersvampen, vilket är lite märkligt i och med att denna svamp fungerar ungefär som stråknäckarsvampen. Trenden var densamma på alla tre platserna. Arvidsson (2005) skriver att vid plöjning bearbetas i stort sett all halm ner och begravs under markytan vilket har en mycket sanerande effekt mot svampsjukdomar som rotdödare, stråknäckare och bladfläcksjuka.

Reducerad bearbetning vänder inte ner lika mycket halm som plöjning gör utan gynnar svampar som lever på halmrester. Djup kultivering borde ge mindre andel skörderester i markytan än grund kultivering. I resultaten från år 2012 påträffades dock ingen skillnad i svampangrepp mellan djup och grund kultivering. Att så var fallet kan eventuellt förklaras av att infektionstrycket var lågt och att skillnaderna därigenom blev för små för att kunna mätas.

Vid tillämpning av plöjningsfri odling blir det viktigare och viktigare med en bra växtföljd för att minska på patogentrycket. Många svampar gynnas av en stråsädesdominerad växtföljd. Vad som är märkligt med resultaten från 2012 är att angreppen av bladfläcksvampar var större i den bra växtföljden jämfört med i den ensidiga, något som kanske borde utredas vidare.

## Penetration

I resultatet från penetrationsmätningarna på Säby registrerades inga direkta skillnader mellan de olika växtföljderna. Däremot så påverkades penetrationsmotståndet av bearbetningssystemet (figur 2). För alla led ökar motståndet ner till 40 cm, för att sedan avta längre ner i alven. Penetrationslinjerna i (figur 2) ligger orienterade som de

borde med tanke på bearbetningsdjupet i de olika leden. Direktsådden gav högre motstånd högre upp i profilen jämfört med konventionell plöjning, vilket är helt logiskt i och med att direktsådden luckrar minimalt med jord. Plöjningen har lägre penetrationsmotstånd genom hela den bearbetade matjorden. Sedan ökar motståndet kraftigare än för de andra leden. Det plöjda ledet ökar antagligen mer för att man i detta led har en mer uttalad plogsula, något som även Kouwenhoven et al. (2002) kommit fram till.

Trots de höga värdena som penetrationsmätningen resulterade i på Säby var det den försöksplats som gav bäst TB2. Det höga penetrationsmotståndet borde påverka rötternas utveckling negativt för enligt Greacen et al. (1969) & Boone et al. (1994) reduceras veterotens tillväxthastighet redan vid ett motstånd av mellan 3,0–3,6 MPa. I försöket på Säby uppmättes värden på upp mot 5 MPa, vilket borde ha haft negativ påverkan på skörden. Dock finns det stor felmarginal i denna typ av mätmetod enligt Greacen et al. (1969).

En orsak till de höga värdena på Säby, jämfört med de på Klostergården, kan vara att jorden på Säby är av enkelkornstruktur och därigenom mer kompakt, medan på Klostergården har jorden en välutvecklad struktur. Dessutom har mätningarna gjorts på hösten, i slutet av aug. Vid mättillfället antogs jorden vara vattenmättad, men en gröda som höstvetete tömmer marken på det vatten den har och jorden på Säby innehåller mer växttillgängligt vatten än jorden på Klostergården. Det talar för att marken varit torrare på Säby och således gett högre penetrationsmotstånd. Inga andra penetrometermätningar på Säby har tidigare gett så höga värden som dessa (Wejde 2011; Westlin 2010). De senares mätningar gjordes på våren, vilket säkert bättre återspeglar situationen för rötternas tillväxt.

## Infiltration

Olika bearbetningssätt påverkar markens struktur på olika sätt. Det är ändå märkligt att det skiljer så mycket som det gör mellan de olika jordarna. Säby som har en jord med låg lerhalt borde släppa igenom mer vatten oberoende av bearbetningssätt, men i dessa mätningar var det Klostergården som uppvisade de högsta värdena.

Reducerad bearbetning och direktsådd resulterar i att marken bildar mer kontinuerliga makroporer som sträcker sig från ytan ner till alven (Andreini & Steenhuis 1990). Direktsådden har också en av de högsta infiltrationshastigheterna i båda försöken (figur 4 och 5), men det varierar något mellan växtföljderna. Den höga infiltrationshastigheten i det direktsådda ledet förklaras genom att vattentransporten sker genom preferensflöde. Vid plöjning förekommer även preferensflöde, dock endast under bearbetningsdjup. Därför syns inte samma samband mellan de olika jordarterna på de olika platserna i och med att den bearbetade jorden inte har något preferensflöde utan påverkas av andra egenskaper.

Någon logisk anledning till varför de olika växtföljderna ger så spridda värden mellan plats och bearbetningssätt är svårt att finna.

### Skördar

Utesluts plögen ur bearbetningen tyder det på att man får någon, eller några procents reducerad skörd framförallt i höstvetegrödorna. En av anledningarna till den lite lägre skörden beror av det ökade trycket från skadegörare. Det innebär att man inte skall fuska med de biologiska grunderna när plöjning utesluts. Med reducerad bearbetning optimerar man med andra ord inte skörden utan drar ner på kostnaderna.

Direktsådd har i försök mellan åren 1982-2004 visat sig ge en genomsnittlig skördereduktion på 10 % (Rydberg 2006). I denna försöksserie har skördereduktionen i det direktsådda ledet t.o.m. blivit något mer än 10 %, men i stort styrker resultaten tidigare erfarenheter.

Ensidig växtföljd ger de flesta åren en lägre skörd än den goda växtföljden. Det beror på att de biologiska grunderna inte är lika bra som när omväxlingsgrödor tillämpas i växtföljden. Förfruktseffekten har i detta fall påverkat kommande skörd mycket positivt. Framförallt syns detta på Säby. År 2009 blev höstveteskörden, efter ärter, mycket högre i den goda växtföljden.

Förfruktens betydelse till höstvete vid reducerad bearbetning redovisas också av Arvidsson (2005). Resultaten från detta projekt är inte helt entydiga. Vissa år stämmer det, och andra gör det inte det.

Efter studier på fyra olika jordarter har (Rydberg 1992) kommit fram till att skördarna vid reducerad bearbetning blir högre ju högre lerhalten är vilket antagligen beror på den strukturstabilitet som finns i leran. Det minskar behovet av årlig luckring. Anmärkningsvärt är att reducerad bearbetning även fungerat på struktursvaga mo- och mjälälättleror. Rydberg (1992) förklarar detta med att de positiva effekterna av ett förbättrat avdunstningsskydd överskuggar de negativa av en för kompakt matjord. Kanske kan detta vara en delförklaring till varför den reducerade bearbetningen fungerat bättre på Säby jämfört med på Klostergården.

En slutsats som kunde dras utifrån studierna var att odling av ärter ej fungerade i kombination med plöjningsfri odling. Detta beror med största sannolikhet på att ärter är en gröda som är mycket känslig för syrebrist och således även för packning.

Ser man till hur lantbrukare i Sverige idag genomför primärbearbetningen så finner man att många tillämpar någon form av anpassad bearbetning, dvs man plöjer vid behov och använder sig av någon form av reducerad bearbetning övriga år. Så här med facit i hand så hade det varit mycket intressant om även ett sådant led ingått i projektet.

## Ekonomi

Rydberg (1992) påstår att på lätta jordar ska man plöja för att det är ett pålitligt bearbetningssystem på en jord som har stort luckringsbehov. Ett litet dragkraftsbehov ger även en större potentiell vinst, samt man kan enkelt få en fin såbäddsberedning. Detta kan man jämföra med Säby som har gett mycket bra TB2 i det plöjda ledet vid bra växtföljd för 500 ha gården (tabell 10). I den bra växtföljden på Säby har man fått mycket fina TB2, det beror på att ärterna gav fantastiskt fin skörd och detta höjer självklart TB2 markant.

Reducerad bearbetning anser Rydberg (1992) vara lämpligast på styva jordar som har ett mindre luckringsbehov, stor andel höstsått och med en spannmålsdominerad växtföljd.

Detta stämmer väl överens med resultaten på Klostergården där plöjning i den ensidiga växtföljden medfört lägst TB2, se tabell 9 och 10.

Tar man bort de grödor som dragit ner resultatet i den bra växtföljden på Klostergården och Brunnby får man helt andra TB2 (tabell 11). De grödor som räknats bort är oljeväxter på Klostergården och oljeväxter och ärter på Brunnby. När oljeväxterna ej medräknas får man ett markant högre TB2 för den bra växtföljden på Klostergården som då ger ett likvärdigt TB2 med den ensidiga. För Brunnby får man till och med ett bättre TB2 när avbrottsgrödorna tagits bort. Genom att jämföra tabell 13 med tabell 9 får man det väldigt tydligt presenterat hur stor betydelse avbrottsgrödorna har. Lyckas man med avbrottsgrödorna finns förutsättningar att TB2 för god växtföljd blir högre i jämförelse med ensidig växtföljd.

Tabell 13. TB2 bra växtföljd med borttagning av oljeväxter på Vreta och borttagning av oljeväxter och ärter på Brunnby för en gård på 200 ha

Led	Bearbetning och djup	Vreta	Brunnby
		kloster (A) utan oljeväxter TB2/ha	Västerås (A) utan oljeväxter och ärter TB2/ha
1	Plöjning (23 cm)	5776	2674
2	Grund plöjning (12 cm)	6109	3261
3	Kultivator (10-12 cm)	6119	2440
4	Djupkultivator (styv pinne) (20 cm)	6126	3301
5	Carrier (5-7 cm)	5148	2160
6	Direktsådd	4552	1230

Vid en jämförelse mellan en gård på 200 ha och en på 500 ha ser man klart och tydligt att ökad areal ger färre arbetstimmar per hektar, vilket innebär att man får ett större netto vid samma skördenivåer. En markant skillnad i TB2 finns mellan gårdsstorlekarna till den större gårdens fördel.

## Slutsatser

- Växtföljden påverkade inte dragkraftsbehovet i någon större utsträckning.
- Växtföljden hade stor inverkan på mängden skadegörare. Angreppsgraden var mycket högre i leden med ensidig växtföljd på alla tre försöksplatserna. När skörderester plöjs ner blir den generella angreppsgraden av skadegörare lägre. Framförallt gällde detta för stråknäckarsvampen men inte lika tydligt för rotdödarsvampen.
- Något samband mellan infiltrationshastighet och växtföljd kunde ej konstateras.
- Inte heller påträffades något samspel mellan växtföljd och bearbetningssystem.
- Skördenivåerna visade att en ensidig växtföljd oftast gav en lägre skörd jämfört med om en god växtföljd tillämpades. Lyckades man få bra skörd på avbrottsgrödorna i växtföljden fick man ett betydligt högre TB2

- Ensidig växtföljd gav högre TB2 på Klostergården och Brunnby när man gjorde beräkningar på de faktiska skördarna.
- För att oljeväxtodlingen skall öka i Mellansverige bör odlingssäkerheten förbättras.
- Vid ökad areal lägger man mindre tid per hektar vilket sänker hektarkostnaden. Man kan konstatera att det blev stor skillnad i TB2 på en 200 hektarsgård och en 500 hektarsgård till 500 hektarsgårdens fördel.
- En generell slutsats blev att plöjningsfri odling gav ett högre TB2. TB2 på Klostergården och Säby blev högre för grund kultivering än djup. På Brunnby blev resultatet tvärt om.



## Referenslista

- Andreini, M. S., Steenhuis, T. S. (1990). Preferential paths of flow under conventional and conservation tillage. *Geoderma* 46, 85-102.
- Arvidsson, J. (2013). Bearbetningsdjup vid plöjningsfri odling. Årsrapport 2012. SLU, Uppsala, Sverige.
- Arvidsson, J. (2013). Försök med plöjningsfri odling och direktsådd 1983-2012. Årsrapport 2013. SLU.
- Arvidsson, J., Pettersson, O. (1995). Jordpackning och markstruktur. Aktuellt från lantbruksuniversitetet 435. SLU, Uppsala, Sverige.
- Baver, L.D., Gardner, Walter H., Gardner, Wilford R. (1972). *Soil Physics*, 4th ed. s 74-99.
- Boone, F., Venneulen G.D., Kroesbergen, B. (1994). The effect of mechanical impedance and soil aeration as affected by surface loading on the growth of peas. *Soil Tillage Res.* 32:237-251.
- Budhu, M. (2000). *Soil Mechanics & Foundations*. John Wiley & Sons, New York.
- De Roo, H. C. (1969). Tillage and root growth. Whittington, W. J., *Root Growth*, 256-268, Butterworths, London.
- Dexter, A. R. (1988). Advances in Characterization of Soil Structure. *Soil & Tillage Research* 11, 199-238.
- Dexter, A. R., Arvidsson, J. (2002). *Soil Mechanics: theory and applications in agriculture*. Kursmaterial från Jordbearbetning och Hydroteknik, Inst för markvetenskap, SLU, Uppsala.
- Framgångsrik växtodling. (2005). Kort och snabbt- så fixar du halmen utan plog: Växtodling. Gunnar Lundin: Uppsala, JTI)
- Framgångsrik växtodling. (2005, Maskinsystem för växtodling- stort och reducerat sparar pengar: Växtodling. Christer Johansson: Linköping, Hushållningssällskapet).
- Framgångsrik växtodling. (2005). Rätt bearbetning på rätt jord: Växtodling. Johan Arvidsson Uppsala: SLU)

Framgångsrik växtodling. (2005). Sida vid sida- både kultivator och plog behövs i växtskyddet: Växtodling. Göran Gustafsson: Linköping, Växtskyddscentralen)

Framgångsrik växtodling. (2005). Skörderesultat plöjningsfria system: Växtodling. Johan Arvidsson: Uppsala, SLU)

Gill, W. R., McCreery, W. F. (1960). Relation of size of cut to tillage tool efficiency. *Agricultural Engineering*, nr 41, sid 372-374.

Gill, W. R., Vanden Berg, G. E. (1967). Soil dynamics in tillage and traction. *Agricultural Handbook No.316*. U.S. Department of Agriculture.

Greacen, E. L., Barley, K. P., Farrell, D. A. (1969). The mechanics of root growth in soils with particular reference to the implications for root distribution. Whittington, W. J., *Root Growth*, 256-268, Butterworths, London.

Gullviks, (2012). *Priser kem och gödning*. Linköping.

Gustafsson, G. 2006. Växtskyddscentralen Linköping.

Gutteridge, R.J., Bateman, G.L., Todd, A.D. (2003). Variation in the effects of take-all disease on grain yield and quality of winter cereals in field experiments. *Pest Management Science* 59: 215-224.

L-Baeckström, G. (2008). Utvärdering av olika odlingssystem i en trettonårig studie på Kvinnersta. *Ekologiskt lantbruk* nr 51.

Hedene, K-A., Olofsson, B. (1994). *Skadegörare på lantbruksgrödor*. LTs Förlag Stockholm.

Håkansson, L. (1986). Översikt över jordpackningsproblematiken i jordbruket med utgångspunkt från den svenska forskningen. I: *Jordpackningskördepåverkan, motåtgärder och ekonomi*, Rapporter från jordbearbetningsavdelningen, nr 71:5-19.

Håkansson, I. (2000). Packning av åkermark vid maskindrift. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen nr 99. SLU, Uppsala, Sverige.

Jordbearbetningsavdelningen, (2013-03-27). Maskinkalkyler. (<http://www.mv.slu.se/jb/jb.htm>)( 2013-03-27)

Kézdi, A. (1974). *Handbook of Soil Mechanics*. Vol 1 Soil Physics.

- Koolen, A. J., Kupiers, H. (1983). *Agricultural Soil Mechanics*. Advanced series in agricultural sciences nr 13 s 196.
- Kouwenhoven, J. K., Perdok, U. D., Boer, J., Oomen, G. J. M., (2002). Soil management by shallow mouldboard ploughing in The Netherlands. *Soil & Tillage Research* 65, 125-139.
- Ljungars, A. (1977). Olika faktorerers betydelse för traktorernas jordpackningsinverkan. Mätningar 1974-1976. Lantbrukshögskolan, Uppsala. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen, nr 52, 43 s.
- Löfkvist, J. (2003). Root growth and mechanical impedance. Dept. of Soil Science, Swedish Agric. Sci. Stencil.
- Madsen, N. (1998). Trækraft- og løftekraftbehov ved jordbehandlingsredskaber og såsystemer. Grøn viden markbrug, nr 197.
- Magnusson, M. (2004). Dragkraftsbehov och bearbetningsresultat för olika redskap och bearbetningssystem vid höstsådd. Uppsala.
- Maskinkalkylgruppen. (2012). Maskinkostnader: Maskiner. Linköping (2012)
- McKyes, E. (1989). *Agricultural Engineering Soil Mechanics*. 207-212. Elsevier science publishing company inc. Canada.
- Munkholm, L. J., Schonning, P., Rasmussen, K. J. (2001). Non-inversion tillage effects on soil mechanical properties of a humid sandy loam. *Soil & Tillage Research* 62, 1-14.
- Nilsson, H. E. (1969). Studies of root and foot rot diseases of cereals and grasses. *Lantbrukshogskolans Annaler* 35: 275-807.
- Pettersson, O., Norén, O., Hansson, P.A. & Lindgren, M. (2002). A system for onboard determination of engine power by measuring fuel consumption
- Olofsson, B. & Qvarnström, C. 1983. Växtskyddsrapporter, Jordbruk nr 25, SLU, Uppsala.
- Olvång, H. (1998). Rotdödare i stråsäd. Faktablad om växtskydd. Jordbruk, 93 J. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Riley, H., Børresen, T., Ekeberg, E., Rydberg, T. (1994). Trends in reduced tillage

research and practice in Scandinavia. Carter, M. R., Conservation tillage in temperate agroecosystems, Lewis publishers, 23-45.

Rydberg, T. (1992). Ploughless tillage in Sweden. Results and experiences from 15 years of field trials. Soil & Tillage Research 22, 253-264.

Rydberg, T. (2006). Direktsådd. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 2005. Rapporter från Jordbearbetningsavdelningen nr 109.

Rydberg, T. (2012). Olika bearbetningssystem- luckringsbehov. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 2012. SLU. Uppsala.

Sirjacobs, D., Hanquet, B., Lebeau, F., Destain, M. F. (2002). On-line soil mechanical resistance mapping and correlation with soil physical properties for precision agriculture. Soil and Tillage Research, nr 64 3-4, sid 231-242.

Skåneförsöken (2012). Försöksrapport. Hushållningssällskapen i Skåne. Försöksrapport meddelande nummer 79.

Spoor, G. (1975). Fundamental Aspects of Cultivations. Technical Bulletin, nr 29, sid 128-144.

Spoor, G., Godwin, R. J. (1978). An experimental investigation into the loosening of soil by rigid tines. Journal of Agricultural Engineering Research, nr 23, sid 243-257.

Wallenhammar, A-C. & Pettersson, B. 2003. Management of Take all in spring wheat by different precrops and seed treatments. Nordic Association of Agricultural Scientists  
22nd Congress, July 1-4, 2003 Turku, Finland, 189.

Wejde, T. (2011). Direktsådd under svenska förhållanden. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala

Westlin, A. (2010). Optimering av reducerad bearbetning. Högre skördar till lägre kostnad. Sverige lantbruksuniversitet 2010.

Widebäck, Å. (1995). Adoption av reducerad bearbetning. Sveriges lantbruksuniversitet. Ekonomiintuitionen.

Yong, R. N., Warkentin, B. P. (1975). Soil properties and behaviour. Developments in geotechnical engineering Nr 5. s 62-68.

## Bilagor

Tabell 14. Kärnskördar ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) i försöksserie R2-4140 år 2007.

Försöksled:		Säby	Klostergården	Brunnby
Bra växtföljd		H-vete	H-vete	-
A1	Plöjning (23 cm)	8210	6450	-
A2	Grund plöjning (12 cm)	8190	6190	-
A3	Kultivator 10-12 cm	8280	5820	-
A4	Djupkult. (styv pinne, 20	8220	5990	-
A5	Carrier (5-7 cm)	8290	5590	-
A6	Direktsådd	8350	5760	-
Ensidig växtföljd		H-vete	H-vete	-
B1	Plöjning (23 cm)	7640	5280	-
B2	Grund plöjning (12 cm)	7570	5350	-
B3	Kultivator 10-12 cm	7400	5210	-
B4	Djupkult. (styv pinne, 20	7740	5020	-
B5	Carrier (5-7 cm)	7700	5190	-
B6	Direktsådd	7940	5660	-
A	Bra	8260	5970	-
B	Ensidig	7660	5280	-
1	Plöjning	7920	5860	-
2	Grund plöjning	7880	5770	-
3	Kultivator	7840	5510	-
4	Djupkultivator	7980	5500	-
5	Carrier	7990	5390	-
6	Direktsådd	8140	5710	-
Prob F1 (växtföljd)		0,0103	0,0836	-
Prob F2 (bearbetning)		0,1164	0,6684	-
LSD F1 (växtföljd)		260	910	-
LSD F2 (bearbetning)		220	670	-

Tabell 15. Kärnskördar ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) i försöksserie R2-4140 år 2008

Försöksled:		Säby	Klostergården	Brunnby
Bra växtföljd		Ärt	Ärt	Ärt
A1	Plöjning (23 cm)	6820	2390	6740
A2	Grund plöjning (12 cm)	6620	3200	7120
A3	Kultivator 10-12 cm	6870	2550	6450
A4	Djupkult. (styv pinne, 20	6930	2750	6570
A5	Carrier (5-7 cm)	6480	2130	6290
A6	Direktsådd	3180	-	6470
Ensidig växtföljd		Korn	Korn	Korn
1	Plöjning (23 cm)	4080	5910	6150
B2	Grund plöjning (12 cm)	4340	6200	6230
B3	Kultivator 10-12 cm	4570	6140	5940
B4	Djupkult. (styv pinne, 20	4480	6220	6060
B5	Carrier (5-7 cm)	4560	6410	5860
B6	Direktsådd	2480	4710	5240
A	Bra	6150	2600	6610
B	Ensidig	4080	5930	5910
1	Plöjning	5450	4150	6440
2	Grund plöjning	5480	4700	6670
3	Kultivator	5720	4340	6200
4	Djupkultivator	5710	4480	6310
5	Carrier	5520	4270	6080
6	Direktsådd	2830	4710	5860
Prob F1 (växtföljd)		0,0113	0,0048	0,0787
Prob F2 (bearbetning)		0,0001	0,0507	0,0276
LSD F1 (växtföljd)		950	830	890
LSD F2 (bearbetning)		490	1170	470

Tabell 16. Kärnskördar ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) i försöksserie R2-4140 år 2009. Notera hög CV% i försöket på Brunnby, varför detta försöksår inte tas med i medelskörd över åren

Försöksled:		Säby	Klostergården	Brunnby
Bra växtföljd		H-vete	H-vete	Ärt
A1	Plöjning (23 cm)	7030	7740	460
A2	Grund plöjning (12 cm)	6800	7740	350
A3	Kultivator 10-12 cm	7220	7620	260
A4	Djupkult. (styv pinne, 20	6810	7990	280
A5	Carrier (5-7 cm)	7080	6870	300
A6	Direktsådd	6300	6140	240
Ensidig växtföljd		H-vete	H-vete	Korn
B1	Plöjning (23 cm)	6560	6490	1890
B2	Grund plöjning (12 cm)	6360	6980	1450
B3	Kultivator 10-12 cm	6580	7300	1060
B4	Djupkult. (styv pinne, 20	6590	5840	1080
B5	Carrier (5-7 cm)	6370	7710	1150
B6	Direktsådd	4660	7130	950
A	Bra	6870	7350	320
B	Ensidig	6190	6910	1260
1	Plöjning	6800	7120	1180
2	Grund plöjning	6580	7360	900
3	Kultivator	6900	7460	660
4	Djupkultivator	6700	6920	680
5	Carrier	6730	7290	730
6	Direktsådd	5480	6640	600
Prob F1 (växtföljd)		0,2214	0,2053	0,040
Prob F2 (bearbetning)		0,0001	0,418	0,536
LSD F1 (växtföljd)		1680	1040	840
LSD F2 (bearbetning)		380	870	710

Tabell 17. Kärnskördar ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) i försöksserie R2-4140 år 2010.

Försöksled:		Säby	Klostergården	Brunnby
Bra växtföljd		Våraps	Våraps	H-vete
A1	Plöjning (23 cm)	1880	620	4930
A2	Grund plöjning (12 cm)	2210	500	5020
A3	Kultivator 10-12 cm	2080	440	4740
A4	Djupkult. (styv pinne, 20	1810	330	4880
A5	Carrier (5-7 cm)	1810	460	4620
A6	Direktsådd	2010	140	2570
Ensidig växtföljd		Korn	Korn	H-vete
B1	Plöjning (23 cm)	4960	6610	4440
B2	Grund plöjning (12 cm)	5220	6500	4460
B3	Kultivator 10-12 cm	5520	6430	3820
B4	Djupkult. (styv pinne, 20	5500	6540	4200
B5	Carrier (5-7 cm)	5720	6450	4260
B6	Direktsådd	5560	5380	2240
A	Bra	1967	415	4460
B	Ensidig	5413	6318	3903
1	Plöjning	3420	3615	4685
2	Grund plöjning	3715	3500	4740
3	Kultivator	3800	3435	4280
4	Djupkultivator	3655	3435	4540
5	Carrier	3765	3455	4440
6	Direktsådd	3785	2760	2405
	Prob F1 (växtföljd)	0,0034	0,0003	0,077
	Prob F2 (bearbetning)	0,0347	0,0015	0,000
	LSD F1 (växtföljd)	860	440	710
	LSD F2 (bearbetning)	250	370	330



Tabell 18. Kärnskördar ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) i försöksserie R2-4140 år 2011

Försöksled:		Säby	Klostergården	Brunnby
Bra växtföljd		H-vete	H-vete	Våraps
A1	Plöjning (23 cm)	4930	6490	590
A2	Grund plöjning (12 cm)	4020	6490	730
A3	Kultivator 10-12 cm	4310	6140	730
A4	Djupkult. (styv pinne, 20 cm)	4110	5830	760
A5	Carrier (5-7 cm)	3670	5220	620
A6	Direktsådd	5530	5780	860
Ensidig växtföljd		H-vete	H-vete	Korn
B1	Plöjning (23 cm)	4520	4420	4170
B2	Grund plöjning (12 cm)	3840	4920	4080
B3	Kultivator 10-12 cm	4140	4760	4330
B4	Djupkult. (styv pinne, 20 cm)	3850	4780	4460
B5	Carrier (5-7 cm)	3640	4860	4720
B6	Direktsådd	3610	5150	4140
A	Bra	4430	5990	720
B	Ensidig	3930	4820	4320
1	Plöjning	4730	5460	2380
2	Grund plöjning	3930	5710	2400
3	Kultivator	4230	5450	2530
4	Djupkultivator	3980	5310	2610
5	Carrier	3660	5040	2670
6	Direktsådd	4570	5470	2500
Prob F1 (växtföljd)		0,0994	0,1004	0,0029
Prob F2 (bearbetning)		0,0003	0,7204	0,2413
LSD F1 (växtföljd)		730	1720	830
LSD F2 (bearbetning)		420	840	470

Tabell 19. Kärnskördar ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) i försöksserie R2-4140 år 2012

Försöksled:		Säby	Klostergården	Brunnby
Bra växtföljd		Höstvete	Höstvete	Vårvete
A1	Plöjning (23 cm)	6250	7800	4160
A2	Grund plöjning (12 cm)	6580	7740	4480
A3	Kultivator 10-12 cm	6740	7770	2850
A4	Djupkult. (styv pinne, 20	6850	7770	3900
A5	Carrier (5-7 cm)	6870	8310	2790
A6	Direktsådd	6310	7310	1740
Ensidig växtföljd		Hvete	Hvete	Vvete
B1	Plöjning (23 cm)	6160	8630	3550
B2	Grund plöjning (12 cm)	6060	8520	3160
B3	Kultivator 10-12 cm	6760	8720	2710
B4	Djupkult. (styv pinne, 20	6490	8490	3250
B5	Carrier (5-7 cm)	6680	8550	2180
B6	Direktsådd	6160	6240	1130
A	Bra	6600	7783	3320
B	Ensidig	6385	8192	2663
1	Plöjning	6205	8215	3855
2	Grund plöjning	6320	8130	3820
3	Kultivator	6750	8245	2780
4	Diupkultivator	6670	8130	3575
5	Carrier	6775	8430	2485
6	Direktsådd	6235	6775	1435
Prob F1 (växtföljd)		0,2809	0,188	0,299
Prob F2 (bearbetning)		0,0001	0,0022	0,0003
LSD F1 (växtföljd)		630	900	1880
LSD F2 (bearbetning)		230	750	900